

电力电缆

1.1 适用范围

本作业指导书适用 0.6/1kV 及以上交联聚乙烯电力电缆的的试验项目，规定了电力电缆交接验收、预防性试验、检修过程中的常规电气试验的引用标准、仪器设备要求、试验程序、试验结果判断方法和试验注意事项等。制定本作业指导书的目的是规范试验操作、保证试验结果的准确性，为设备运行、监督、检修提供依据。

1.2 引用文件

下列文件中的条款通过本作业指导书的引用而成为本作业指导书的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单或修订版均不适用于本作业指导书，然而，鼓励根据本作业指导书达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本作业指导书。

《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150—2016

《电力设备预防性试验规程》DL/T 596-1996

《现场绝缘试验实施导则 第 2 部份：直流高电压试验》DL/T 474. 2-2006

《现场绝缘试验实施导则 第 4 部分：交流耐压试验》DL/T 474. 4-2006

1.3 检测项目

1.3.1 试验项目

- (1) 主绝缘及外护层绝缘电阻测量；
- (2) 主绝缘直流耐压试验及泄漏电流测量；
- (3) 主绝缘交流耐压试验；
- (4) 外护套直流耐压试验；
- (5) 铜屏蔽层电阻和导体电阻比；
- (6) 检查电缆线路两端的相位；
- (7) 交叉互联系统试验；

1.3.2 试验程序

- (1) 应在试验开始之前详细记录试品的铭牌参数，检查、了解试品的状态并进行记录。
- (2) 应根据交接或预试等不同的情况依据相关规程规定，从上述项目中确定本次试验所需进行的试验项目和程序。
- (3) 一般情况下，应按先低电压试验后高电压试验、先直流后交流的顺序进行试验。应在绝缘电阻测量无异常后再进行耐压试验。交流耐压试验后还应重复测量绝缘电阻，以判断耐压试验前后试品的绝缘有无变化。

1.4 试验方法及标准

1.4.1 主绝缘及外护层绝缘电阻测量

1、设备清单和要求

电动兆欧表或手动兆欧表；

对 0.6/1kV 的电缆，可用 1000V 兆欧表进行绝缘测试，绝缘标准为不低于 $10\text{M}\Omega$ ；0.6/1kV 以上的电缆，可用 2500V 兆欧表进行绝缘测试，绝缘标准为不低于 $50\text{M}\Omega$ ；6/6kV 及以上的电缆，可用 5000V 兆欧表进行绝缘测试，绝缘标准为不低于 $400\text{M}\Omega$ ；110kV 及以上可用 5000V 兆欧表进行绝缘测试，绝缘标准为不低于 $4500\text{M}\Omega/\text{km}$ ；橡塑绝缘外衬套的测量，用 500V 兆欧表。

2、试验程序

2.1 准备工作

(1) 测量电缆主绝缘应选用相对应的兆欧表（带有测试线）。测量时应对兆欧表进行检查，观察指针是否正常，线夹引线与线夹端子连接是否良好，测量导线应用带有屏蔽层的绝缘导线。

(2) 准备好接地棒，随时进行放电。电缆断电后，先对其进行放电操作，再进行绝缘测量。

(3) 检查电缆上的标示，例如：型号中的额定绝缘电压与兆欧表的电压等级是否相符，对其测量时应了解设备的绝缘数值范围。

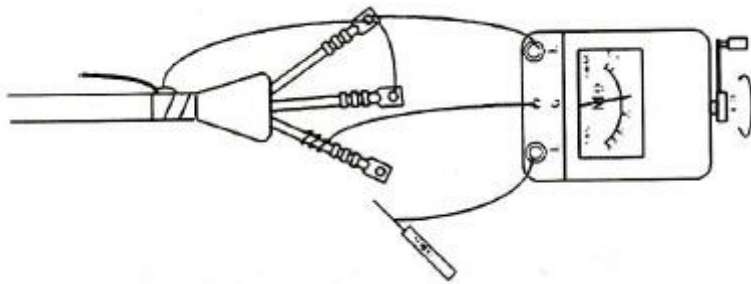
(4) 用干燥清洁的软布，擦拭电缆芯附近的污垢，开始测量时，应保证电缆头距地面 0.6 米以上，电缆两端都应有最少 1-2 人进行专人监护

(5) 对外屏蔽层进行绝缘测量时，应把屏蔽层两端接地全部拆开，之后进行测试。

2.2 试验步骤

测试项目主要是相间及对地的绝缘电阻值，即 U-V、W、地；V-U、W、地；W-U、V、地；，并三次。

按要求进行接线，应正确无误。如兆欧表相对地的绝缘电阻，将被测相加屏蔽接于兆欧表 G 端子上将非被测相的两线芯连接在与电缆金属屏蔽层相连接后同时接地，同时将共同接地的导线接在兆欧表 E 端子上，用一根测试线连接在兆欧表 L 端子上，该测试线（L 线）另一端此时不接线芯，如图所示。



兆欧表测试电缆绝缘的示意图

一人带绝缘手套并用手握住 L 测试线的绝缘部分，另一人转动兆欧表手柄使发电机转速达到 120r/min，将 L 线与线芯接触，待 1 分钟后（指针稳定后），记录其绝缘值。将 L 线撤离线芯，停止转动手柄，然后进行放电。放电完毕后，一相电缆芯的测量已经结束。

重复两次以上步骤，分别测量其他两相电缆芯的绝缘电阻。若测量值不在合格范围内，则表明所测电缆绝缘电阻不合格；若三次测试结果都在合格范围内，则表示该电缆绝缘电阻合格

三相之间，绝缘电阻应几乎一致；若不一致，则平衡系数不得大于 2.5；本次测量值与上次测量的数据换算到同一温度下，其值不得下降 30%以上。

电缆外护套两端接地全部拆开，用 500V 兆欧表进行测试，外衬套的绝缘电阻不应低于 $0.5\text{M}\Omega/\text{kV}$ 。重要电缆 1 年测试一次；一般电缆 a) 3.6/6kV 及以上 3 年测试一次；b) 3.6/6kV 及以下 5 年测试一次

1.4.2 主绝缘直流耐压试验及泄漏电流测量

1、设备清单和要求

绝缘电阻表；

直流高压发生器。

2、试验程序

3、测试概述

泄漏电流试验和直流耐压试验可以同时进行。测量泄漏电流所加直流电压较低，而直流耐压所加电压较高，泄漏电流试验可以先发现绝缘劣化、受潮。而直流耐压检查安装质量、接头、机械损伤及电缆本身的缺陷都比较有效。在实际工作中，两者的试验设备、仪器、一般、试验接线基本上是相同的，故两个试验项目可以同时进行试验。

4、试验步骤

- 1) 当绝缘值合格后才能进行直流耐压试验。
- 2) 所配备的试验设备根据试验接线图接好试验接线，并有专人认真检查。当确认无误时，才可正式通电加压，合电源后先查看表计各方

面是否正常。

3) 电缆直流耐压标准：18/30kV 以下电压等级的橡塑电缆 $U_t=4 \times U_0$ 。

电缆额定电压 U_0/U	直流试验电压 (kV)
48/66	165
	175
64/110	225
	275
127/220	425
	475
	510
200/330	585
	650
290/500	710
	775
	835

油絕緣电缆直流耐压试验电压标准：

注：其中 U_t 为试验额定电压， U 为电缆额定线电压， U_0 为电缆导体对地或对金属屏蔽层的额定电压。

4) 根据电缆充电电流大小，适当调整升压速度，在以 $2 \sim 3 \text{ kV/s}$ 速度，升压电压应按试验电压的 25%、50%、75%、100% 的程序进行，测量泄漏电流的电压时，25%、50%、75% 应读取 1min 后的泄漏电流，电压升至 100% 后应先读取 1min 的泄漏电流，而后读取 15min 的泄漏电流。

5) 耐压试验结束，电压降至步骤 (2) 读取耐压前泄漏电流时电压读取耐压后泄漏电流值。耐压后泄漏电流不应超过耐压前。

6) 耐压结束应逐步降压，断开电源，并对电缆充分放电，放电时应

经过电阻放电，确保安全，然后直接接地，即进行换相工作。

7) 在加压过程中，若发现以下情况时电缆绝缘有可能有缺陷应找出缺陷部分并予以处理：

- a) 泄漏电流很不稳定；
- b) 泄漏电流随试验电压的升高急剧上升；
- c) 泄漏电流随试验时间延长有上升现象；

8) 电流试验应逐相进行加电压，一项电缆加压时，另外两相电缆应接地，金属屏蔽或金属护套和铠装层应接地，逐相试验加压结束，应将电压调到零，切断试验电源，所加电缆充分放电，并直接接地。然后更换高压引线至一相，接好引线燃拆取下接地线，作加压试验，直到三相电缆试验结束为止。

5、试验结果判断依据

电缆的泄漏电流的三相不平衡系数（最大与最小之比）不应大于 2；当 6/10kV 及以上电缆的泄漏电流小于 20 μ A 和 6kV 及以下电缆泄漏电流小于 10 μ A 时，其不平衡系数不作规定。

泄漏电流值和不平衡系数只作为判断绝缘状况的参考，不作为是否能投入运行的依据。其他电缆泄漏电流值不作规定。

1.4.3 主绝缘交流耐压试验

1、设备清单和要求

绝缘电阻表；

交流变频谐振耐压试验设备；

2、试验程序

2.1 试验概述

1) 交流耐压试验是鉴定电气设备绝缘强度最直接的方法，它对于判断电气设备能否投入运行具有决定性的意义，也是保证设备绝缘水平、避免发生绝缘事故的重要手段。

2) 交流耐压试验是破坏性试验，在试验之前必须对被试品先进性绝缘电阻、泄漏电流及绝缘油等试验项目，若试验结果正常方能进行交流耐压试验，若发现设备绝缘情况不良（如受潮和局部缺陷等），通常应先进行处理后再做耐压试验，避免造成不应有的绝缘击穿。

3) 推荐使用变频谐振耐压试验法

2.2 试验步骤

1) 橡塑电缆优先采用 20Hz~300Hz 交流耐压试验

2) 将电缆两端拆除与设备连接，将交流变频谐振耐压试验设备按其接线图接线完成。

3) 电缆应逐相进行加电压，一项电缆加压时，另外两相电缆应接地，金属屏蔽或金属护套和铠装层应接地，逐相试验加压结束，应将电压调到零，切断试验电源，所加电缆充分放电，并直接接地。然后更换高压引线至一相，接好引线燃拆取下接地线，作加压试验，直到三相电缆试验结束为止。试验时电缆不应有击穿闪络现象方为合格。

4) 加压标准为:

不具备上述试验条件或特殊规定时,可采用施加正常系统相对地电压 24h 方法代替交流耐压。

额定电压 U_0/U (kV)	试验电压	时间 (min)
18/30 及以下	$2.5U_0$ (或 $2U_0$)	5 (或 60)
21/35~64/110	$2U_0$	60
127/220	$1.7U_0$ (或 $1.4U_0$)	60
190/330	$1.7U_0$ (或 $1.3U_0$)	60
290/500	$1.7U_0$ (或 $1.1U_0$)	60

3. 安全措施

1) 为保证人身和设备安全,要求必须在电缆两端周围设围栏并有专人监护把守防止无关人员误入。试验时试验人员与监护人员通信要通畅,没有试验人员的命令监护人员不能乱动。负责升压的人要随时注意周围的情况,一旦发现异常应立刻断开电源停止试验,查明原因并排除后方可继续试验。

2) 试验设备的布置应紧凑、连接线短,宜用屏蔽导线,接地线应牢固可靠。

3) 注意对试验完毕的电缆相必须充分放电。

4) 试验过程中,如发现电缆有放电声音,或有绝缘烧焦气味,或冒烟等异常现象时,应立即降低电压断开电源停止试验,将被测电缆接地放电后再进行检查。

1.4.4 铜屏蔽层电阻和导体电阻比

1. 设备清单和要求

温度湿度计；

直流电阻测试仪。

2. 铜屏蔽层电阻和导体电阻比的意义

(1) 测量电缆导体电阻非常有必要，因为个别电缆生产商的电缆铜屏蔽层不连续，甚至严重到某一项或三相整段无铜屏蔽层；还有电缆在做接头过程是，接头两端的铜屏蔽层接触不良或电缆接头处芯线导体接触不良等，从而将导致电缆铜屏蔽中这些点的电阻增大，在电缆运行过程中，这些点的端电位便增大，将产生局部放电现象，久而久之便形成电缆故障。

3. 试验程序

3.1 测试方法

1) 将做好的电缆头的一端 A、B、C（任意两相）短接，将电缆另一端接入直流电阻测试仪测量 A、B 相电缆的导体电阻。

2) 拆除 A、B 相电缆短接线，将 A 相与金属屏蔽层引出的接地软连接短接，在电缆另一端接入直流电阻测试仪，测出 A 相与屏蔽层的直流电阻。

3.2 试验结果计算

金属屏蔽层电阻和导体电阻比 $P = (A \text{ 相与屏蔽层电阻} - A、B \text{ 相电阻} / 2) / (A、B \text{ 相电阻} / 2)$ ，通过上述方法即可测出橡塑电缆的金属屏蔽层电阻和导体电阻比。

3.3 测量结果判断

在相同温度下测量铜屏蔽层与导体直流电阻比 P 。当 P 值与运行前相比增加时，表明铜屏蔽层的直流电阻增大，铜屏蔽层有可能被腐蚀，当该比值与运行前相比减少是，表明附体中的导体连接点的接触电阻有增加的可能。

1.4.5 外护套直流耐压试验

1. 设备清单和要求

温度湿度计；

直流高压发生器。

2. 试验程序

2.1 测试目的

高压电缆在运输、敷设的过程中易发生碰撞、刮损造成电缆外表皮破损，外护套接地。电缆外护套接地，电缆导体就会对外护套感应放电，久而久之电缆就会造成击穿。

2.2 试验步骤

1) 将距电缆两端头 20cm 处外表皮上的石墨层先用酒精湿布擦干净，再用玻璃刮片刮干净电缆外表皮石墨层长为电缆一圈宽为 10cm，目的是让电缆表皮与电缆头石墨层断开，将电缆侧的石墨层用铜线绑住接地。

2) 将直流高压发生器高压侧接入电缆头上进行加压，加压电压为 10kV，时间停留 1min。试品没有击穿现象为合格。

3) 此项试验为两次:

电缆到厂后进行电缆交接试验, 目的判断运输过程中是否把电缆损坏。

电缆敷设完成后进行电缆交接试验, 目的判断电缆在敷设过程中是否把电缆损坏。

3. 安全措施

在进行试验过程中电缆两端都应有专人监护, 在试验区域拉设警戒绳。

1. 4. 6 检查电缆线路两端的相位

1. 设备清单和要求

万用表/绝缘电阻表。

2. 试验程序

2.1 试验步骤

在电缆一端一相接地, 其他两相悬空, 准备好后用对讲机呼叫另一端准备测量

将万用表的档位开关置于测量电阻的合适位置, 打开万用表电源, 黑笔接地, 将红笔依次接触三相, 观察红笔处于不同相的电阻变化。当测得某相电阻较小而其他相电阻无穷大时, 说明该相在另一端接地, 呼叫对侧做好相序标记 (己侧也做好相序标记)。重复步骤 A、B、C, 直至找出三相为止, 最后随机复查任意一相, 确保电缆两端相序正确, 并与电网相位符合。

1.4.7 交叉互联系统试验

1. 设备清单和要求

直流电阻测试仪；

直流高压发生器；

回路电阻测试仪。

2. 试验程序

2.1 测试方法

交叉互联系统的对地绝缘的直流耐压试验：试验是必须将过电压保护器断开。在互联箱中将另一侧的三段金属套都接地，使绝缘接头的绝缘环也能结合在一起进行试验，然后在每段电缆金属屏蔽或金属套与地之间施加 10kV，加压时间 1min 不应击穿。

2.2 测试标准

(1) 非线性电阻型过电压保护器：

氧化锌电阻片：对电阻片施加直流参考电流后测量其压降，即直流参考电压，其值应在产品标准规定的范围内；

非线性电阻片及其引线的对地绝缘电阻：将非线性电阻片的全部引线并联在一起与接地的外壳绝缘后，用 1000V 兆欧表测量引线与外壳的绝缘电阻，其值不应小于 10MΩ。

(2) 交叉互联系统性能检验：本方法为推荐采用的方式，如采用本方法时，应作为特殊试验项目。使所有互联箱连接片处于正常工作位置，在没相电缆导体中通以大约 100A 的三相平衡试验电流。在保持试验电流不变的情况下，测量最靠近交叉互联箱处的金属套电流和

对地电压，测量后将试验电流将至零，切断电源，然后将最靠近交叉互联箱内的连接片重新连接成模拟错误的连接情况，再次将试验电流升至 100A 并再测量该交叉互联箱处的金属套电流和对地电压。测量完后将试验电压将至零，切断电源，将该交叉互联箱中的连接片复原至正确的连接位置，最坏将试验电流升至 100A，测量电缆线路上所有其他交叉互联箱处的金属套电流和对地电压。

(3) 试验结果符合下述要求则认为交叉互联系统的性能是满意的：

1) 在连接片错误连接时，试验能表明存在异乎寻常大的金属套电流；

2) 在连接片正确连接时，将测得的任何一个金属套电流乘以一个系数（它等于电缆的额定电流除以上述的试验电流）后所得的电流值不会使电缆额定电流的降低量超过 3%。

3) 将测得的金属套对地电压乘以上述 2) 项中的系数后不超过电缆负载额定电流时规定的感应电压的最大值。

(4) 互联箱：

1) 接触电阻：本试验在做完护层过电压保护器的上述试验后进行。将刀闸（或连接片）恢复的正常位置后，用直流电阻测试仪测量刀闸（或连接片）的接触电阻，其值不应大于 $20\mu\Omega$ ；

2) 闸刀（或连接片）连接位置：本试验在以上交叉互联系统的试验合格后密封互联箱之前进行。连接位置应正确。如发现连接错误而从新连接后，则必须重测闸刀（或连接片）的接触电阻。

安全措施

- (1) 试验区域拉设警戒绳，并悬挂“止步，高压危险”的标示牌。
- (2) 所有仪器外壳接地应可靠，保护仪器及人身的安全。
- (3) 试验时专人接线、专人操作、专人监护、分工明确。
- (4) 试验过程中如发生异常现象，应切断电源，并用放电棒充分放电接地后再进行处理。
- (5) 试验过程中，电缆两端均派人监护，并保持通讯畅通，出现问题及时联系。